DDT室內处理对中华按蚊及吉浦按蚊日月潭变种的作用初步观察*

李 拉 姿

（广东省从化瘧疾防治站）

DDT是近十数年来被公認良好的杀虫藥剂，目前除大量应用在农業方面外，也广泛用以杀灭公共衛生方面的害虫；尤其近年来在防瘧措施中，几成为不可缺少的藥剂。然而，它对蚊虫的杀害效力，随着蚊虫生态学研究不断發展，經常获得新的知識。1945年Gahan[7]等在实驗室內試驗 *A. quadrimaculatus* 和 *Aedes aegypti* 首次报告了DDT对蚊虫具有兴奋驅避作用(excitorepellent effect)；接着，在現場实际观察对 *A. quadrimaculatus* 的結果亦然。随后，各国学者相繼作了类似的研究，他們在不同的地区对不同的蚊种进行观察，其結果不尽相同；尤其是对于DDT室內剩余效力处理后，蚊虫經接触而兴奋逃避之前是否吸收了致死剂量的問題，显然是存在两个截然相反的意見。因此，結合我国蚊种进行实驗，对此問題作进一步探討，是有重大現实意义。本文初步报告DDT室內处理对中华按蚊(*A. hyrcanus* var. *sinensis*)与吉浦按蚊日月潭变种(*A. jeyporiensis* var. *candidiensis*)的作用結果；并扼要地論述了过去科学家在这方面研究的結果。

方法与結果

一、处理前調查　本試驗总的分为两个阶段，自1956年5月起至9月止为第一阶段，进行按蚊品种、密度及栖息習性等生态調查；第二阶段是9、10月份两个月，进行藥物处理及效果观察。試驗地点在广东省从化县大排村，居民人口約100余，当地的房屋結构全部皆是泥墻瓦頂，村庄四面环山，位置很为孤立，与周圍村庄相隔至近者也在2公里外，四面旣为高山相隔，無形中形成了天然屏障，外处的蚊虫不易侵入；地形上适合为小規模的灭蚊試驗区。該地經过数个月調查，計共發現按蚊屬9种，其中以中华按蚊(*A. hyrcanus* var. *sinensis*)、吉浦按蚊日月潭变种(*A. jeyporiensis* var. *candidiensis*)为主，密度最高，其他如微小按蚊(*A. minimus*)、多斑按蚊(*A. maculatus*)、美彩按蚊(*A. splen-*

* 本文实驗操作技术由本站林振桓同志与广东省衛生防疫站周岳上同志协助，并承冼維逊先生借閱参考文献，并此致謝。

didus)、溪沟按蚊(*A. fluviatilis*)等数种虽有發現，但数量不多，为考虑在統計学上足以說明問題起見，本試驗特以中华按蚊与吉浦按蚊日月潭变种为观察对象。为了了解按蚊的活动情况与栖息習性，应用窗式誘蚊器(window trap)进行誘捕飞出的按蚊調查，誘蚊器构造与安装方法，参見圖1、2。調查的方法每周一次，根据按蚊飞出的时間不同而分成2組，第1組是从20:00时将誘蚊器安装，至次晨7:00时收回，以誘捕全夜向光飞的按蚊，因这組按蚊多集中于黎明时分飞出，故称之为晨曦誘捕。第2組的誘捕时間在第1組的按蚊全部飞出后(一般在天全亮，按蚊停止活动)接着安装誘蚊器，至20:00时止，以誘捕整日飞出的按蚊，据观察結果，日間是按蚊栖息时間，除非受騷扰才惊起飞动，所以这次誘捕的按蚊实际只是在日落黄昏时分飞出，故称之为黄昏誘捕。

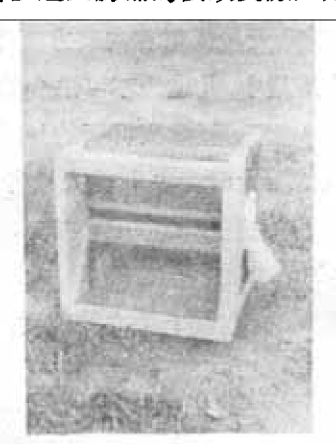




圖1 窗式誘蚊器(window trap)的构造

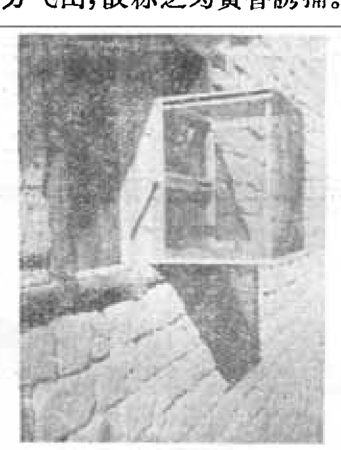


圖2 窗式誘蚊器(window trap)的装置

調查結果表1說明中华按蚊大部分于吸血后当晚或次晨向外飞出，另寻覓适当場所栖息；吉浦按蚊日月潭变种的情况則相反，吸血后多数仍然停息在室內，待卵巢發育后于黄昏时才飞出室外产卵。根据这些材料可判定該地区的中华按蚊是野栖品种；吉浦按蚊日月潭变种則为家栖品种。

表1 牛房窗式誘蚊器晨曦与黄昏誘捕按蚊情况

月份	中华按蚊					吉浦按蚊日月潭变种				
	数量	晨曦		黄昏		数量	晨曦		黄昏	
		数量	%	数量	%		数量	%	数量	%
6 月	213	209	98.2	4	1.8	63	7	11	55	89
7 月	150	120	80	30	20	183	8	4.5	175	95.5
8 月	31	27	87	4	13	87	18	20	69	80
9 月	53	39	73.6	14	26.4	83	26	31	57	69
合計	457	395	84.7	52	15.3	416	59	16.6	356	82.4

二、藥物处理　处理方法采用全面徹底的室內剩余效力噴洒，处理对象包括所有房室如厅、臥房、貯物室、厕所等全部墻面和天花板（或頂瓦），以及全部家俱杂物如床、橙、柜等。噴洒使用的藥剂是民主德国出品，商标含量为 50%DDT 可湿性剂；鑒于当地房屋結构全部皆是土磚泥磚，毛細孔吸附能力强，故将藥剂使用濃度配成 4%，按每平方米面积噴洒 50 毫升，使之含純商品 DDT 2 克。处理前全部房屋噴洒面积均进行测量，逐戶計算需藥量，一部分較高的房屋，因噴洒工具的限制致不能噴射到；但捕集調查站的牛舍都比較矮小，均能徹底噴洒藥物。处理后經核算結果，計用藥量达 1.97克/米^2。使用的藥剂經过抽样作化学測定，計含 DDT 总量 48.3%（商标含量 50%），对位对位异构体（para-para-isomer）含量达 63.7%。

三、效果观察　1. 密度調查——在試驗区內选定牛舍 4 間为固定的密度調查站，其中 2 間应用窗式誘蚊器进行調查，每周一次，每次誘捕时間由 16:00 至次晨 8:00 时止，每 4 小时捕集一次，带回室內鑒定記录数量及胃血情况，以观察全夜各个时間按蚊飞出活动情况，同时也作为密度数字。其余 2 間牛舍，則在日間采用人工捕捉 30 分鐘，

表 2　处理前后按蚊通夜飞出活动情况

	誘捕时間	中华按蚊				吉浦按蚊日月潭变种			
		数量	吸血	未吸血	未吸血%	数量	吸血	未吸血	未吸血%
处理前	16:00—20:00	475	475	0		404	398	6	1.48
	20:00—24:00	86	85	1	1.16	71	70	1	1.4
	24:00—4:00	19	19	0		10	10	0	
	4:00—8:00	104	104	0		3	3	0	
处理后	16:00—20:00	278	238	40	14.3	460	429	31	6.73
	20:00—24:00	3	3	0		55	53	2	3.63
	24:00—4:00	5	5	0		38	36	2	5.26
	4:00—8:00	35	31	4	11.4	68	68	0	

注：处理前共 3 次观察結果。
处理后共 4 次观察結果。

表 3　处理前后吉浦按蚊日月潭变种密度变化情况

地区	捕捉方法	处理前		处理后				
		9月份		10月份				
		1	2	1	2	3	4	5
处理区	誘蚊器	124	267	95	103	85	469	267
	日間人工捕捉	114	120	0	0	0	0	0
对照区	誘蚊器	1	20	3	16	16	13	10
	日間人工捕捉	82	107	63	87	81	163	107

表 4　处理前后中华按蚊密度变化情况

地　区	捕捉方法	处理前		处　理　后				
		9　月份		10　月　份				
		1	2	1	2	3	4	5
处理区	誘蚊器	292	123	167	51	52	53	6
	日間人工捕捉	8	1	0	0	0	0	0
对照区	誘蚊器	0	8	2	8	41	3	8
	日間人工捕捉	6	15	10	3	6	5	6

作为日間栖息按蚊的密度。此外，在另外一个村庄，用同样的方法調查，以資对照比較。

藥物处理前密度調查共进行了 2 次，处理后进行 5 次，由于当时已屆 11 月，气温显著下降，雨水也少，按蚊密度在自然情况下也急剧降低，故处理后密度考核只进行 5 周即告結束。处理前后按蚊全夜活动情况及密度变化，詳見表 2、3、4 及圖 3。

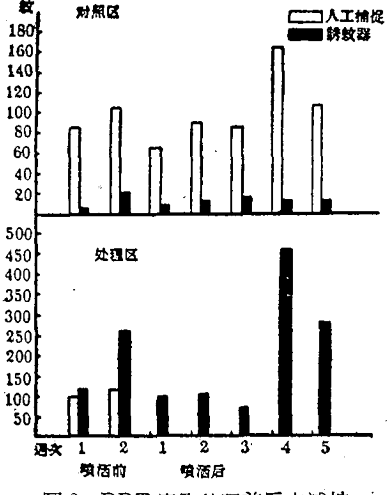


圖 3　DDT 室內处理前后吉浦按蚊日月潭变种密度变化情况

从上面这些圖表所示綜合可見下列情况：(1)藥物处理后按蚊不再在室內栖息，故日間人工捕捉室內按蚊所得的密度均为 0；但夜間应用誘蚊器仍然可以誘捕大量向外飞出的按蚊，与处理前或对照組相比，密度不見下降，这現象說明了处理后，蚊虫仍然可以飞进室內活动吸血，但在吸血前或后經与 DDT 接触，而引起刺激兴奋向外逃避。(2) 处理后中华按蚊通夜飞出的情况与处理前相比，不見有何变化，仍以 16:00—20:00 与 4:00—8:00 时这两个时間飞出比較多；吉浦按蚊日月潭变种的情况則不同，处理后整夜时間飞出的比处理前显著增多，此可能也是 DDT 的作用，使原来栖息室內的也兴奋向外逃避所致。(3)处理后未吸血的按蚊飞出室外有所增加，中华按蚊由处理前 1% 增至 10%，吉浦按蚊日月潭变种由处理前 1% 增至 5%，这当然与 DDT 的使蚊虫接触后兴奋驅避有关。

2. 毒效观察——观察逃避的按蚊随后的命运是否終于中毒死亡，这将有力地說明蚊虫在兴奋逃避之前是否已吸收了中毒致死剂量的工作。这个观察的方法是将每次誘蚊器誘到的按蚊，抽样一部份置入蚊籠內加以飼养。飼养的环境是一个半埋在地下的缸，缸內置放一層砂，并加适量水，以保持一定溫度和湿度。飼养期間每 12、24、48、72 小时分別观察其中毒死亡数量。另外取一定数量按蚊，放在馬灯罩內飼养，罩下面置有

吸水紙和浸漬的棉花的培养皿，以待蚊产卵，观察逃避的按蚊寿命是否能延續至卵巢發育成熟。同时在未經处理的地区捕回相当数量按蚊，置于同一环境下飼养，作为对照試驗。

这項观察开始第一个月，在处理区內一間未經处理的房子进行，飼养結果不佳，不論从处理区或对照区捕回的按蚊，大部分在24小时左右死亡，無法比較說明。随后迁移飼养地点，在非处理区的工作室进行飼养，經进行了观察5批共240个，結果如表5。

表5　处理后按蚊飼养死亡情况

地　区	蚊　种	数量	24小时			48小时			72小时		
			死亡数	尙存数	生存%	死亡数	尙存数	生存%	死亡数	尙存数	生存%
处理区	中华按蚊	27	0	27	100	4	23	88.8	2	21	77.7
	吉浦按蚊日月潭变种	213	24	189	88.7	28	161	74	15	146	68.0
对照区	中华按蚊	12	0	12	100	3	9	75	1	8	66.6
	吉浦按蚊日月潭变种	106	7	99	93.3	13	86	81.1	30	50	52.8

其結果可見逃避飞出的按蚊的死亡率并不严重，处理区与对照区效果相似。90%左右能繼續生活24小时，50%以上能生活72小时。产卵观察共計进行了中华按蚊18个，吉浦按蚊日月潭变种32个，其中能产卵的达50%；产卵时間都是在經过飼养96小时以后。这些材料虽因开始飼养不好而不够完整，但至少还能够初步說明处理后一个月飞出按蚊的死亡情况。

討　論

DDT室內剩余效力处理，对蚊虫有兴奋驅避作用的事实，虽早在1945年为Gahan[7]等發見，然而逃避的按蚊是否已因接触DDT吸收了致死剂量而終于中毒死亡的問題，至目前为止各国学者的意見仍未一致。1947年Kennedy[10]在实驗室用 *A. maculipennis* var. *atroparvous* 与 *Aedes aegypti* 作試驗，使之与經DDT处理的表面接触，观察結果肯定对这二蚊种有兴奋逃避作用，观察24小时結果極少死亡。同年Muirhead-Thomson[11]报告在西非Lagos使用DDT油剂(100毫克/呎^2)后，每晚均可用窗式誘蚊器捕到大量飞出的 *A. gambiae* 与 *A. melas*。經过48小时飼养观察不見有显著的死亡率；在室內地面上檢查，亦找不到死亡的按蚊。1949和1950年在东非沿海的Dares-salaam使用DDT可湿性剂(400毫克/呎^2)处理，观察結果亦相类似，并指出逃避的 *A. gambiae* 100%能繼續生活24小时，到48小时仍能生活的达80%；野外栖息場所調查証实，被驅避的 *A. gambiae* 与 *A. melas* 是迁移到室外村边蔭蔽的場所栖息。因此，他認为DDT对該蚊种是沒有效力的。这些实驗結果总的說明是蚊虫在吸收致死剂

量之前即兴奋逃避。另一方面的研究結果，Gahan 等[7] (1945 b) 报告，各种剂型 DDT (65—400 毫克/呎²) 对 *A. quadrimaculatus* 的結果，發現許多蚊虫接触已噴洒的墙面后逃离住宅，但其中大多数被杀死。同年，Tarzwell 和 Stierli[7]对 *A. quadrimaculatus* 观察所下的結論，基本与 Gahan 等氏相同。并認为致死时間与蚊虫个体有很大的差异(由 14 分鐘到 2 小时)，高温可加促其作用。Swellengrebel 与 Lodens[9] (1949) 經使用 DDT 处理后，發現大量 *A. aconitus* 死亡于室內，因而推論其驅避作用并沒有减低毒杀效力。Wallace[9] (1950) 观察認为 *A. maculatus* 与 DDT 处理过的墙面接触后，絕大部分于 30 小时內致死。Bertram[9] 1950 年在印度 Assam 实驗，發現用小的剂量 DDT (45 毫克/呎²) 对 *A. minimus* 仅有驅出于誘蚊器的作用；但应用大的剂量 (215 毫克/呎²)，則有大量蚊虫被杀死于室內。然而，MacDonald[9] (1950) 不同意此意見，認为即使是用很小的 DDT 剂量，也能将 *A. minimus* 杀死。Singh 等 (1951) 与 Sharma[13] (1952) 發見 DDT (50 毫克/呎²) 与 BHC (10 毫克-γ/呎²) 对蚊虫都有驅避作用，但認为由于蚊虫在驅避之前已吸收了致死剂量，故并不致影响其毒效。再者，Bhombore[6] 在 1955 年的报告，DDT 可湿剂处理后，誘蚊器可誘到大量按蚊，但飼养观察結果，80% 于 6 小时內死亡，而对照組則于 20 小时才死亡 50%。总括而言，这些学者都有同一的概念，認为 DDT 对蚊虫有兴奋逃避作用，但当蚊虫驅避之前已接受了致死剂量，其最終命运仍遭中毒而死。苏联 Набоков 教授的意見[1]，更認为 Muirhead-Thomson 和 Kennedy 的看法是錯誤的，是由于他們对“驅除作用”与“中毒后的兴奋逃跑”混淆不清。

根据作者此次試驗观察，DDT 室內处理，对按蚊是兴奋驅避作用，这是与上引述的学者的意見相一致的。据此事实，目前 DDT 实际被認为是一种接触性的驅避剂 (Gustatory repellent)，是無可置疑的。至于驅避后蚊虫是否致死的問題，尙难一概而論，据本文毒效飼养观察結果可初步表明，中华按蚊与吉浦按蚊日月潭变种是在兴奋逃避之前未吸收致死剂量的。这一点与 Muirhead-Thomson 及 Kennedy[10,11] 两氏报告相似。再說其在抗瘧工作中的价值，当然不能从此妄加否定，理由 (1) 有些学者[1]对高原地区应用 DDT 抗瘧成功，其理由解釋为由于 DDT 的驅除作用，使原来喜栖息室內的按蚊被迫迁往野外栖息，这样，因为室內外气候条件不同，如室外气温較低，致使蚊体內的瘧原虫不适于發育，或使按蚊寿命縮短，从而間接地起到控制瘧疾傳播的作用；(2) 由于各蚊种的个体生理和生态習性的不同，对 DDT 的感受性可能有所差异，特别是我国华南地区主要傳瘧媒介之一——微小按蚊，有的学者[7]認为它对 DDT 的敏感性比其他种按蚊为强，事实上这已經何琦[3,4]作出肯定性的結論，这是非常可貴而有积極意义的材料；(3) 房屋的結构不同，如泥墙的吸附能力比其他墙面为强，藥物噴洒上去大部分被吸收进內面，剩余在表面能与昆虫接触而發揮作用的則不多，这也可能是其中原因。总之，DDT 在抗瘧杀蚊的实际效价，科学上今后还需要作进一步全面的研究，才能給予恰当

的評定。

中华按蚊与吉浦按蚊日月潭变种的栖息習性有显著不同，但DDT处理观察結果，这两蚊种的变化未見有何区别，这点不同于許多学者的意見[3,8,11]，他們似乎以蚊虫的栖性来划分和說明DDT效果好坏的依据，如認为DDT对家栖蚊种（*A. funestus, A. dargingi*）效果良好，但对室外栖息的蚊种（*A. gambiae, A. aquasalis, A. leucosphyrus*）則否。

DDT对蚊虫有兴奋驅除作用的事实，显然說明单应用日間人工捕捉室內栖息按蚊計算密度，以为考核說明DDT效果是不正确的。可惜近年应用这个方法作为考核DDT作用效力，从而盲目乐观以为DDT的奇效的报告尙不少[2,5]。Davidson[8]的意見，DDT室內处理即使在噴洒的几天，也永不会使蚊虫完全致死，許多效力强的剂型也至少会有20%的蚊虫能無害地逃避，而效力弱的剂型則多达60%。于是他提出說明蚊虫死亡指数的公式：

$$\text{蚊虫死亡指数} = \frac{\text{死于室內的蚊数} + \text{誘蚊器死亡数}}{\text{死于室內的蚊数} + \text{誘蚊器总数}}$$

这些意見，可引为我們今后研究杀虫剂效力的参考。

总　　結

1. 初步报告DDT可湿剂室內处理对中华按蚊与吉浦按蚊日月潭变种的作用效果，証明DDT对此按蚊有驅避作用。

2. 毒效飼养观察結果初步說明，中华按蚊与吉浦按蚊日月潭变种在接触DDT引起兴奋逃避之前未吸收致死剂量。

参 考 文 献

[1] 那伯科夫等：1956. 苏联抗瘧工作介紹。苏联专家关于瘧疾防治工作的报告及建議；中华人民共和国衛生部衛生防疫司，122—30頁。

[2] 中央衛生研究院华东分院：1954 东山鎮二二三滞留噴洒灭蚊抗瘧实驗区效果的繼續考核。浦鎮灭蚊实驗工作，1954年年报 242—57頁。

[3] 海南瘧疾研究站：1956 海南島一个頑固性瘧区的抗瘧經驗介紹。全国瘧疾防治专業会議参考資料之二，中华人民共和国衛生部。

[4] 何琦：1956. 微小按蚊在我国南部瘧疾流行地区的重要意义及如何消灭微小按蚊。全国瘧疾防治专業会議参考資料之三，中华人民共和国衛生部。

[5] 王世閎等：1957. 杀虫剂噴射对几种主要按蚊效果的观察。云南部队防瘧工作总結，人民軍医社，61—5頁。

[6] Bhombore, S. R. et al.: 1955. A preliminary note on the behaviour of anophelines in structures treated with DDT and BHC. *Ind. J. Mal.* **9** (3): 213—21.

[7] Boyd: 1949. Malariology. Vol. II, p. 1209—18.

[8] Davidson, G.: 1955. The Principles and practice of the use of residual contact insecticides for the control of insects of medical importance. *Trop. Med. Hyg.* **58** (4): 73—9.

[9] Jaswant Singh: 1956. Could there be any repellent effect of DDT on sprayed surface? (私人通信的討論)

[10] Kennedy, J. S.: 1947. The excitant and repallent effects on mosquitoes of sub-lethal contacts with DDT. *Bull. Ent. Res.* **37**: 593—607.

[11] Muirhead-Thomson, R. C.: 1951. Behaviour in houses in relation to control by Insecticides. Mosquito behaviour in relation to malaria transmission and control in the tropics. London, Edward Arnold and Co. P. 94—105.

[12] Nait, C. P.: 1951. DDT as a Residual Insecticide against *A. letifer* and *A. maculatus* in malaya. *Nature* **167**: 74—5.

[13] Rajindar pal & M. I. D. Sharma: 1952. Field studies on the comparative effectivenese of DDT and BHC against mosquitoes when applied separately and in combination. *Ind. J. mal.* **6**: 281—95.

PRELIMINARY OBSERVATION ON THE EFFECT OF DDT INDOOR TREATMENT ON *ANOPHELES HYRCANUS* VAR. *SINENSIS* AND *ANOPHELES JEYPORIENSIS* VAR. *CANDIDIENSIS*

LEE LA-GE

Chung-hua District Malaria Prevention Center, Kwang-Tung, China

The present article reports the results of researches at Chung-hua district, Kwangtung Province, on the effect of DDT indoor treatment on *Anopheles hyrcanus* var. *sinensis* and *Anopheles jeyporiensis* var. *candidiensis*.

It was first established that *A. hyrcanus* var. *sinensis* is of the outdoor resting while the *A. jeyporiensis* var. *candidiensis*, the indoor resting type. For collecting treated mosquitoes, the window trap was employed. The treatment proved to have the same excito-repellent effect on both species and it was therefore pointed out that DDT is a gustatory-repellent insecticide, consequently, it signified that the hand-collecting is not suitable for collecting treated mosquitoes.

Treated *A. jeyporiensis* var. *candidiensis*,and *A. hyrcanus* var. *sinensis* collected by means of the window trap and cultured for observation on its mortality, showed that 90 % alive in 24 hours and over 60 % still alive after 72 hours, while, after 72 hours, about 50 % could lay eggs and breed. This served to explain that this species did not pick up a lethal dosage before being excitorepelled.